



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

Veröffentlichungsnummer:

0 006 448
A1

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

Anmeldenummer: 79101575.3

Anmeldetag: 22.05.79

Int. Cl.³: **G 01 S 5/06, G 01 C 23/00,
G 01 C 22/00, G 08 G 1/01**

Priorität: 23.06.78 DE 2827715

Veröffentlichungstag der Anmeldung: 09.01.80
Patentblatt 80/1

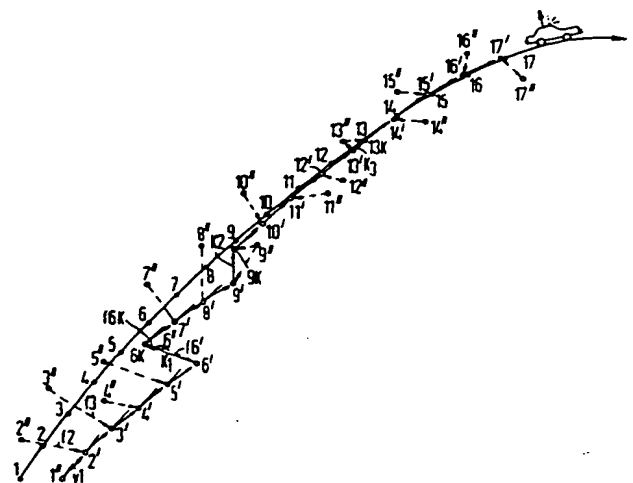
Benannte Vertragsstaaten: AT CH FR GB IT NL

Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** Berlin
und München, Postfach 261, D-8000 München 22 (DE)

Erfinder: **Thilo, Peer, Dr., Buchhlerlstrasse 19, D-8000
München 71 (DE)**
Erfinder: **von Tomkewitsch, Romuald, Dipl.-Ing.,
Winklweg 8, D-8026 Ebenhausen (DE)**

Verfahren zur automatischen Ortung von flächengebundenen Fahrzeugen.

Bei der Ortung von flächengebundenen Fahrzeugen in funktechnisch ungünstigen Gebieten, etwa bei der Ortung von Fahrzeugen in einem Stadtgebiet, wird zu jedem Meßzeitpunkt der den Fahrtweg beschreibende Streckenvektor nach Betrag und Richtung an Bord des Fahrzeuges gemessen und zur Zentrale übermittelt. Gleichzeitig wird zu jedem Meßzeitpunkt in der Zentrale über ein Hyperbelortungsverfahren ein zweiter Meßpunkt ermittelt und mit dem ersten Meßpunkt verglichen. Der Vergleich führt zur Bildung eines nach Betrag und Richtung festgelegten Fehlervektors zu jedem Meßzeitpunkt; diese Fehlervektoren werden aufaddiert und beim Erreichen eines Korrekturwertes zur Bildung eines Korrekturvektors ausgewertet. Der Korrekturvektor wird zu den im Koppelnavigationsverfahren ermittelten Streckenvektoren addiert, und sein Endpunkt dient als Startposition für die weitere Ortung.



EP 0 006 448 A1

SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
Berlin und München

Unser Zeichen
VPA 78 P 2 3 4 8 EUR

5 Verfahren zur automatischen Ortung von flächengebundenen Fahrzeugen.

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur automa-
tischen Ortung von flächengebundenen Fahrzeugen, wobei
10 jedes Fahrzeug laufend zu bestimmten Meßzeitpunkten von
einer Zentrale zur Abgabe von Meßsignalen aufgefordert
wird und wobei in der Zentrale durch Auswertung der Meß-
signale die jeweils aktuelle Fahrzeugposition ermittelt
wird.

15 Derartige Funkortungsverfahren sind seit langem bekannt,
beispielsweise zur Ortung von Flugzeugen und Schiffen,
wobei die verschiedensten Meßprinzipien Verwendung fin-
den. Neuerdings werden solche Ortungsverfahren auch für
20 Stadtgebiete eingesetzt, um beispielsweise Polizei- oder
Notdienstfahrzeuge ständig zu orten und damit deren Ein-
satzbereitschaft zu erhöhen. Die üblichen Ortungsverfah-
ren können jedoch in Stadtgebieten nicht ohne weiteres verwen-
det werden, da durch die starken und ständig wechselnden
25 Reflexionen der Funksignale die Ortungsergebnisse ver-

fälscht werden. Erst durch zusätzliche Maßnahmen ist es möglich, einigermaßen zuverlässige Standortbestimmungen für Landfahrzeuge in einem Stadtgebiet zu gewinnen.

5 So ist beispielsweise ein Hyperbel-Ortungsverfahren be-
kannt (DE-PS 21 37 846), bei dem ein Meßsignal des jewei-
ligen Fahrzeugs von mehreren getrennt angeordneten Empfangs-
stationen empfangen und an eine Zentralstation weiterge-
leitet wird, wo dann durch Phasenvergleich die Laufzeit-
10 differenzen ermittelt und zur Standortbestimmung ausgewer-
tet werden. Um das Verfahren im Stadtgebiet praktikabel zu
machen, sind dort verschiedene zusätzliche Maßnahmen, wie
die Gewinnung von Korrekturwerten über einen Vergleichs-
sender sowie eine Mittelwertbildung aus jeweils mehreren
15 Messungen, vorgesehen. Dieses Hyperbel-Ortungsverfahren
hat den Vorteil, daß jede Positionsbestimmung auf einer
unabhängigen Absolutmessung beruht, so daß sich keine Feh-
ler addieren können. Allerdings ist dabei nachteilig, daß
die Ergebnisse im Rahmen der Ortungsgenauigkeit um die
20 wahren Fahrzeugpositionen streuen. Weitere Nachteile des
Hyperbel-Ortungsverfahrens sind die großen Fehler in
schlecht über Funk erreichbaren Gebieten einer Stadt, im
Bereich sogenannter Funkschatten, und in Vororten, die
außerhalb des von den Ortungsempfängern umschlossenen Ge-
25 bietes liegen.

Daneben ist zur Ortung von Fahrzeugen in einem Stadtgebiet
auch bereits ein Koppelnavigationsverfahren bekannt gewor-
den. Bei diesem Verfahren werden die in kurzen Zeiteinheiten
30 gefahrenen Wegstrecken nach Betrag und Richtung ermittelt.
Kennt man den Ausgangspunkt des Fahrzeugs, so kann man sei-
ne Position zu jedem beliebigen Zeitpunkt durch vektorielle
Addition der Streckenelemente berechnen. Der Vorteil die-
ses Verfahrens liegt darin, daß die Ortungsergebnisse wenig
35 streuen, und daß die vektorielle Addition an Bord des Fahr-

zeuges vorgenommen werden kann, so daß die Ortung auch in Gebieten mit schlechter Funkverbindung weitergeführt werden kann. Zur Abfrage der im Fahrzeug errechneten Ergebnisse reicht eine Funkverbindung zu einer einzigen Empfangsstation aus.

Da es sich beim Koppelnavigationsverfahren um Relativmessungen handelt, muß der Ausgangspunkt des zu ortenden Fahrzeuges genau bekannt sein. Weiterhin ist es nachteilig, daß sich die Meßfehler addieren, da jeder neu ermittelte Streckenvektor an der letzten, fehlerhaft ermittelten Fahrzeugposition ansetzt. Diese Ortungsfehler haben darüberhinaus weitgehend einen systematischen Charakter. Ist zum Beispiel der Rollradius des Fahrzeugrades, von dem die Wegmessung abgeleitet wird, größer als der für die Rechnung angenommene Nennwert, so wird der gemessene Betrag des Streckenvektors stets etwas kleiner sein als die wahre Wegstrecke. Ebenso ist auch die Winkelmessung im allgemeinen mit einem systematischen Fehler behaftet. Alle diese Faktoren führen zu Ortungsfehlern, die etwa proportional mit der zurückgelegten Wegstrecke wachsen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Ortungsverfahren der eingangs erwähnten Art anzugeben, mit welchem beispielsweise Fahrzeuge in einem Stadtgebiet laufend mit guter Genauigkeit geortet werden können. Die Meßergebnisse sollen dabei möglichst unabhängig von der wechselnden Güte der Funkverbindung zum Fahrzeug sein und auch möglichst wenig streuen; vor allem soll vermieden werden, daß Meßfehler sich addieren und zu immer größeren Abweichungen führen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß in jedem Fahrzeug zu jedem Meßzeitpunkt der den seit dem letzten Meßzeitpunkt zurückgelegten Fahrtweg nach Betrag und Richtung beschreibende Streckenvektor ermittelt und

daß dieser jeweilige Streckenvektor oder ein aus mehreren aufeinanderfolgenden Streckenvektoren gebildeter Summenstreckenvektor zur Zentrale übertragen wird, wo durch Ankopplung der einzelnen aufeinanderfolgenden Streckenvektoren bzw. der Summenstreckenvektoren an eine bekannte Startposition ein jeweils aktueller erster Meßpunkt festgelegt wird, daß ferner zu jedem Meßzeitpunkt über ein an sich bekanntes Hyperbel-Ortungsverfahren ein jeweils aktueller zweiter Meßpunkt ermittelt wird, daß weiterhin aus den zu den selben Meßzeitpunkten ermittelten ersten und zweiten Fahrzeugmeßpunkten jeweils ein Fehlervektor nach Betrag und Richtung ermittelt wird, daß aus den aufaddierten Fehlervektoren bei Erreichen eines vorgegebenen Korrekturschwellwertes ein Korrekturvektor ermittelt und zu den Streckenvektoren addiert wird, wobei der hierdurch erreichte korrigierte Meßpunkt als Startposition für die weitere Ankopplung der Streckenvektoren dient.

Durch die erfindungsgemäße Kombination von Relativmessungen nach dem Koppelnavigationsverfahren mit Absolutmessungen nach dem Hyperbel-Ortungsverfahren läßt sich erreichen, daß die Meßergebnisse wenig streuen, und daß die Ortung auch in Gebieten weitergeführt werden kann, die durch Funk schwer erreichbar sind. Durch die bei dieser Kombination vorgenommene Korrektur der Meßergebnisse wird aber gleichzeitig jegliche Verfälschung vermieden, die sich aus der Addition von Meßfehlern ergeben könnte.

Als Startposition für das Meßverfahren und für die Ankopplung der Streckenvektoren kann ein genau bekannter Ort, also beispielsweise ein Fahrzeugdepot, dienen. Da dies jedoch nicht immer möglich ist, dient bei einer zweckmäßigen Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens jeweils ein durch Hyperbel-Ortung ermittelter Meßpunkt als Startposition. Soweit dieser Meßpunkt fehlerhaft ist, werden die

ersten Positionsbestimmungen ebenfalls einen relativ großen Fehler aufweisen, der aber durch die im Verfahren vorgesehene Korrektur bald beseitigt wird, so daß im weiteren Verlauf die Meßpunkte immer mehr an den wahren Fahrzeugweg angenähert werden.

- Um die Korrektur bei längerer Durchführung des Ortungsverfahrens immer feinfühlicher werden zu lassen, ist in einer Weiterbildung vorgesehen, den Korrekturschwellwert nach
- 10 jeder durchgeführten Korrektur zu reduzieren. Um jedoch zu Beginn der Ortung die Streuung der Meßergebnisse aus dem Hyperbelverfahren nicht in unerwünschter Weise in Form von Überkompensationen wirksam werden zu lassen, ist es weiterhin zweckmäßig, eine Korrektur für eine bestimmte
- 15 Anzahl von Messungen bei Beginn der Ortung auszuschließen. Damit wird sichergestellt, daß die Korrektur erst erfolgt, wenn sie sich auf eine im Sinne der Statistik ausreichende Zahl von Hyperbel-Ortungsergebnissen gründet. Diese Sicherheit kann dadurch erhöht werden, daß eine Korrektur erst
- 20 nach einer vorgegebenen Anzahl glaubwürdiger Hyperbel-Ortungsergebnisse durchgeführt wird. Dabei kann es auch zweckmäßig sein, eine Korrektur nur dann vorzunehmen, wenn bei der Hyperbelortung die Anzahl der glaubwürdigen Ergebnisse um einen vorgegebenen Betrag größer ist als die Anzahl der als unglaubwürdig ermittelten Ergebnisse. Unglaubwürdig sind Meßergebnisse beispielsweise, wenn die Fahrzeugsignale stark verrauscht empfangen wurden; auch Plausibilitätskontrollen können herangezogen werden.
- 25
- 30 Die Parameter des jeweiligen Streckenvektors können im Fahrzeug aufgrund bekannter Meßverfahren über einen Mikroprozessor ermittelt werden. Danach ist es zweckmäßig, diese Parameter digital auf dem Funkwege zur Zentrale zu übertragen; dies geschieht zweckmäßigerweise zu jedem Meßzeitpunkt. In der Zentrale können die Meßergebnisse des Koppel-
- 35

navigationsverfahrens und des Hyperbelortungsverfahrens in einem Computer gespeichert und zur Gewinnung der Korrekturvektoren verarbeitet werden.

- 5 Wie bereits erwähnt, ist die Koppelnavigation mit systematischen Fehlern behaftet. Aus dem Vergleich der Meßergebnisse beider Ortungsverfahren können zusätzlich Korrekturfaktoren zur Eliminierung dieser systematischen Fehler gewonnen werden. Dies geschieht in der Weise, daß der Betrag und die Richtung des Korrekturvektors in Beziehung zu den gemessenen Streckenvektoren gesetzt werden. Der auf den einzelnen Streckenvektor entfallende Anteil der Abweichung nach Betrag und Richtung kann dann als Korrekturfaktor für die weiteren Messungen berücksichtigt werden.
- 10
- 15 Um Regelschwingungen bei dieser Adaption zu vermeiden, ist es allerdings zweckmäßig, die Korrekturfaktoren geringer anzusetzen als die ermittelten Abweichungen, beispielsweise mit dem halben Betrag. Die Korrekturfaktoren können individuell für jedes einzelne Fahrzeug in der Zentrale gespeichert und bei den entsprechenden Messungen individuell berücksichtigt werden. Man erhält auf diese Weise ein Ortungssystem, das sich auf langsam verändernde systematische Fehler adaptiert. Diese Adaptierung bleibt auch erhalten, wenn die Hyperbelortung für einige Zeit nicht
- 20
- 25 funktioniert, z.B. in Vororten, die außerhalb des Erfassungsbereiches liegen. Aufgrund der vorher bereits erreichten Adaption sind auch in solchen Bereichen genauere Ergebnisse der Koppelnavigation zu erwarten.
- 30 Die Erfindung wird nachfolgend an Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung näher erläutert.
- Es zeigt
- Fig. 1 die prinzipielle Arbeitsweise eines bekannten Hyperbelortungsverfahrens,
- 35 Fig. 2 die Beziehung zwischen den Meßergebnissen beim

Hyperbelortungsverfahren und dem wahren Fahrzeugweg,

- Fig. 3 eine Addition von Fehlervektoren bei Hyperbelortungsverfahren,
- 5 Fig. 4 die Beziehung zwischen den Meßergebnissen beim Koppelnavigationsverfahren und dem wahren Fahrzeugweg,
- Fig. 5 die Beziehung zwischen dem wahren Fahrzeugweg und den nach dem erfindungsgemäßen Ortungsverfahren ermittelten Meßergebnissen,
- 10 Fig. 6 bis 9 die Gewinnung der Korrekturwerte in Fig. 5, Fig. 10 und 11 die Ermittlung von Korrekturfaktoren zur Adaption des Koppelnavigationsverfahrens,
- Fig. 12 eine symbolische Darstellung der Korrekturlösung.
- 15

Die Fig. 1 zeigt die prinzipielle Arbeitsweise der bekannten Hyperbelortung. Dabei sendet ein zu ortendes Fahrzeug FZ, beispielsweise nach Aufforderung durch die Zentrale, ein Meßsignal m_s aus. Dieses Meßsignal wird ungerichtet ausgestrahlt und von mindestens drei ortsfesten Empfangsstationen E1, E2 und E3 empfangen. Je nach dem Standort des Fahrzeuges benötigt das Meßsignal unterschiedliche Laufzeiten t_1 , t_2 und t_3 zu den einzelnen Empfangsstationen

20 und wird dort auch mit entsprechend unterschiedlicher Phasenverschiebung empfangen. Das niederfrequente Meßsignal, auf einem hochfrequenten Träger ausgestrahlt, wird in den Empfangsstationen demoduliert und über feste Leitungen L1, L2 und L3 mit bekannten Laufzeiten an die Zentrale Z

25 weitergeleitet. Dort werden mit Hilfe von Phasenvergleichseinrichtungen die Laufzeitdifferenzen zwischen t_1 , t_2 und t_3 ermittelt. Mit Hilfe dieser Differenzwerte lassen sich Hyperbeln zwischen jeweils zwei Empfangsstationen ermitteln, durch deren Schnittpunkt der Standort des Fahrzeuges

30 festgelegt ist. In Fig. 1 beschreibt beispielsweise die

35

Hyperbel Hy1 den geometrischen Ort für die Differenz $t_1 - t_2$, während die Hyperbel Hy2 den geometrischen Ort für die Differenz $t_1 - t_3$ bildet. Dieses Verfahren ist bekannt.

5

Fig. 2 zeigt, wie die Positionsbestimmungen bei der Hyperbelortung im Vergleich zum wahren Fahrzeugweg streuen. Dieser wahre Fahrzeugweg s ist durch eine ausgezogene Linie dargestellt, welche beim Startpunkt 1 beginnt. Während das Fahrzeug sich entlang des Weges s bewegt, wird zu bestimmten Meßzeitpunkten die Fahrzeugposition geortet. Während das Fahrzeug sich an den Punkten 1, 2, ... 7 befindet, ergibt die Hyperbelortung die jeweils zugehörigen Meßpunkte 1", 2", 3" ... 7". Diese Meßpunkte streuen um den Weg s . Der Betrag und die Richtung der Meßfehler sind in Fig. 2 durch Fehlervektoren f_1'' , f_2'' ... f_7'' angedeutet, die von den wahren Positionen eines Fahrzeuges zu den Ortungszeitpunkten zu den mit Hilfe des Hyperbelortungsverfahrens ermittelten Fahrzeugpositionen führen.

20

Man kann jedoch davon ausgehen, daß die Beträge und Richtungen der Fehlervektoren statistisch streuen. Denn sie beruhen auf Reflexionen und Beugungen der Funksignale an den Gebäuden, und diese verursachen im allgemeinen keine systematischen Fehler mit irgendeiner Vorzugsrichtung. Sofern diese Voraussetzung zutrifft, muß die Addition einer nach statistischen Gesichtspunkten ausreichenden Zahl von Fehlervektoren immer wieder in die Nähe des Ausgangspunktes zurückführen. Eine derartige Addition der Fehlervektoren ist in Fig. 3 gezeigt.

Die Fig. 4 zeigt dagegen, wie sich die Meßergebnisse beim Koppelnavigationsverfahren zum wahren Fahrzeugweg verhalten. Bei der Koppelnavigation werden die in kurzen Zeiteinheiten gefahrenen Wegstrecken (Streckenelemente) nach

35

Betrag und Richtung ermittelt. Kennt man den Ausgangspunkt des Fahrzeuges, so kann man seine Position zu jedem beliebigen Zeitpunkt durch vektorielle Addition der Streckenelemente berechnen. Der Betrag der Streckenelemente wird mit einem Impulsgeber gemessen, der die Radumdrehungen zählt. Zur Ermittlung des Winkels des einzelnen Streckenvektors gibt es verschiedene Möglichkeiten. So ist unter der Firmenbezeichnung "Flair" ein Verfahren bekannt geworden, bei dem die Fahrtrichtung mit Hilfe einer Magnetsonde ermittelt wird, die den Winkel zwischen dem magnetischen Feld der Erde und der Fahrzeuglängsachse mißt (siehe IEEE Transactions on Vehicular Technology, Feb. 1977, S. 47 - 60). Man kann die Fahrtrichtung jedoch auch mit einem Kreiselkompaß feststellen, wie es bei Trägheits-Navigationsverfahren allgemein üblich ist.

In Fig. 4 ist der Fahrzeugweg s wie in Fig. 2 als durchgehende Linie dargestellt. Das Fahrzeug besitzt zu den einzelnen Meßzeitpunkten die Positionen 1, 2, 3 ... 7. Ausgehend von dem bekannten Standpunkt 1 werden nun die einzelnen Streckenvektoren v_1' , v_2' ... v_7' ermittelt und addiert; das führt zu den Meßpunkten 2', 3' ... 7'. Auch hier kann man Fehlervektoren einzeichnen, die die Abweichung des jeweiligen Meßpunktes von der zugehörigen wahren Fahrzeugposition bezeichnen, nämlich die Fehlervektoren f_2' , f_3' ... f_7' . Bei diesen Fehlervektoren ist zu sehen, daß sie nicht statistisch streuen, sondern weitgehend einen systematischen Charakter haben. Ist z.B. der Rollradius des Fahrzeugrades, von dem die Wegimpulse hergeleitet werden, größer als der für die Rechnung angenommene Nennwert, so wird der gemessene Betrag des Streckenvektors stets etwas kleiner sein als die wahre Wegstrecke. Dies kann beispielsweise durch zu großen Reifendruck hervorgerufen werden. Ebenso ist auch die Winkelmessung im allgemeinen mit einem systematischen Fehler behaftet. Al-

le diese Faktoren führen zu Ortungsfehlern, die immer in derselben Richtung wirken und etwa proportional mit der zurückgelegten Wegstrecke wachsen.

- 5 Die Fig. 5 zeigt die Ortungsergebnisse bei der erfindungs-
gemäßen Kombination der Koppelnavigation mit der Hyperbel-
ortung. Der wahre Fahrzeugweg ist wiederum mit der durch-
gezogenen Linie s bezeichnet und die einzelnen Fahrzeug-
positionen zu den Meßzeitpunkten sind mit 1, 2, 3 ... 17
10 nummeriert. Zu jedem Meßzeitpunkt wird sowohl ein Meßpunkt
nach dem Hyperbelortungsverfahren, bezeichnet mit 1", 2"
usw., als auch ein Meßpunkt nach dem Koppelnavi-
gationsver-
fahren, bezeichnet mit 2', 3' usw. ermittelt. Wird ein
15 Fahrzeug nach einer längeren Betriebspause erstmals wieder
eingesetzt, so liefert die Hyperbelortung beim ersten Or-
tungsaufruf den Meßpunkt 1". Mit diesem ersten Ortungsauf-
ruf wird auch die Errechnung des ersten Streckenvektors
im Bordcomputer des Fahrzeuges FZ gestartet. Auch für die
Koppelnavigation gilt in diesem Fall der Meßpunkt 1" als
20 Startpunkt. Beim zweiten Ortungsaufruf sendet das Fahr-
zeug Betrag und Richtung des Streckenvektors v_1 zur Zen-
trale. Der zentrale Ortungsrechner fügt diesen Strecken-
vektor an die von ihm zuvor abgespeicherten Koordinaten
des Startpunkts 1" der Hyperbelortung an, die somit zum
25 Ausgangspunkt für die Koppelnavigation wird. Der zentrale
Ortungsrechner ermittelt anschließend den Meßpunkt 2' mit
Hilfe der Hyperbelortung und errechnet sich den Fehlervek-
tor f_2 . Beim nächsten Ortungsaufruf erfolgt sinngemäß das-
selbe zur Ermittlung der Meßpunkte 3' und 3" sowie des
30 Fehlervektors f_3 . Diese Prozedur der parallel ausgeführ-
ten Ortungen nach beiden Verfahren wird in gleicher Wei-
se fortgesetzt.

Der zentrale Ortungsrechner nimmt schritthaltend auch eine
35 vektorielle Addition der Fehlervektoren f_2 , f_3 usw. vor,
bis ein Schwellwert S_{K1} für eine erste Korrektur überschrit-

ten wird. Wie aus Fig. 6 ersichtlich ist, weisen die Fehlervektoren zunächst eine eindeutige Tendenz in einer Richtung auf, da die Koppelnavigationsschritte infolge ihres fehlerbehafteten Startpunktes gegenüber dem wahren Fahrzeugweg s versetzt sind. Die Ortungsergebnisse der Hyperbelortung hingegen streuen statistisch um den wahren Fahrzeugweg s , wie oben begründet. Der erste Korrekturschwellwert S_{K1} wird daher im allgemeinen recht schnell erreicht. In Fig. 6 ist angenommen, daß er nach der sechsten Ortung überschritten wird.

Durch die vektorielle Addition der Fehlervektoren errechnet der zentrale Ortungsrechner den Korrekturvektor $K1$, mit dem der Ausgangspunkt für die weitere Koppelnavigation korrigiert wird. $K1$ ergibt sich gemäß Fig. 6 aus den Fehlervektoren $f2$ bis $f6$. Sein Betrag ist ein Fünftel des summierten Fehlervektors K_{S1} , weil fünf Fehlervektoren zur Überschreitung der ersten Korrekturschwelle führten. Seine Richtung ist um 180° gegenüber dem summierten Fehlervektor K_{S1} gedreht. Dieser Korrekturvektor $K1$ wird in Fig. 5 an den Meßpunkt 6' angesetzt; Ausgangspunkt für die folgenden Koppelnavigationsschritte ist damit der korrigierte Meßpunkt 6K.

Nach einer ersten Korrektur wird die erreichbare Ortungsgenauigkeit im allgemeinen noch nicht erzielt worden sein. Deshalb werden weitere Korrekturen folgen. Um diese Korrekturen bei besserer Übereinstimmung der Ergebnisse der Hyperbelortung und der Koppelnavigation feinfühlicher werden zu lassen, wird die Korrekturschwelle entsprechend reduziert. Bei der in Fig. 7 dargestellten Ermittlung des zweiten Korrekturvektors $K2$ ist sie gegenüber der ersten Schwelle auf die Hälfte reduziert, also $S_{K2} = 1/2 \cdot S_{K1}$. Dementsprechend wird sie bei dem angenommenen Beispiel bereits durch die Addition von vier Fehlervektoren $f6$, $f7$,

f8, f9 überschritten. Der Korrekturvektor K_2 hat also einen Betrag von einem Viertel des summierten Fehlervektors K_{S2} und führt vom Meßpunkt 9' der Koppelnavigation zum neuen Ausgangspunkt 9K.

5

Im angenommenen Beispiel wird die Korrekturschwelle nochmals halbiert, was zur dritten Korrektur gemäß Fig. 8 mit dem Korrekturvektor K_3 führt. Die Korrekturfeinfühligkeit kann natürlich nur bis zu einer sinnvollen Grenze gesteigert werden, damit Regelschwingungen vermieden werden. Eine vierte Korrektur (Fig. 9) findet im dargestellten Beispiel nicht mehr statt, weil die Korrekturschwelle S_{K4} nicht mehr überschritten wird. Der zentrale Ortungsrechner gibt jeweils die wenig streuenden Ergebnisse der korrigierten Koppelnavigation als ermittelte Fahrzeugpositionen aus.

Wie erwähnt, ist die Koppelnavigation mit systematischen Fehlern behaftet. So geht in die Messung des Betrages der Streckenvektoren der wirksame Rollradius des den Tachometer antreibenden Fahrzeugrades ein. Dieser Rollradius ist von der Reifenabnutzung, vom Luftdruck in den Reifen und auch von der Zuladung abhängig. Ebenso kann eine systematische Mißweisung der Magnetsonde von ihrer genauen Ausrichtung zur Fahrzeugachse oder von Eisenteilen in ihrer unmittelbaren Nähe herrühren. Der Vergleich der Ergebnisse beider Ortungsverfahren bietet auch die Möglichkeit, diese systematischen Fehler zu eliminieren. Addiert man die Korrekturvektoren nach erfolgter Anfangskorrektur, also im eingeschwungenen Zustand über einige Zeit und bringt man den Summenkorrekturvektor in Relation zu dem vom Fahrzeug zurückgelegten Fahrweg, so kann der zentrale Ortungsrechner berechnen, ob die Ergebnisse der Koppelnavigation denen der Hyperbelnavigation davoneilen oder gegenüber jenen zurückbleiben. Dementsprechend kann er bei der Errechnung

der Streckenvektoren einen Korrekturfaktor individuell für jedes Fahrzeug einsetzen, der die Reifenabnutzung und andere Einflußfaktoren kompensiert.

- 5 Auch systematische Mißweisungen der Magnetsonde lassen sich durch Winkel-Korrekturverfahren bei der Berechnung der Streckenvektoren kompensieren. In der Fig. 10 wird ein derartiger Adaptionsvorgang veranschaulicht. Der Korrekturvektor K2 hat sich auf der Fahrstrecke von den Ortungspunkten 6 bis 9 ergeben. Dabei kann sich die Adaption natürlich nur auf die bekannten Ergebnisse der Koppelnavigation stützen, also auf die Strecke 6K bis 9' in Fig. 5; diese Strecke ist in Fig. 10 nochmals verschoben dargestellt. Zu dieser Strecke wird der Korrekturvektor K2 in Beziehung gebracht. Diese zweite Korrektur gemäß Fig. 5 hat im vorliegenden Beispiel zur Folge, daß der Betrag der gefahrenen Strecke um 20 % vergrößert und die Richtung um -17° je Streckenvektor verändert wurde. Um Regelschwingungen auch bei der Adaption zu vermeiden, werden die Korrekturfaktoren für die Koppelnavigation im dargestellten Beispiel nur halb so groß angesetzt, also für den Betrag +10 % und für die Richtung $-8,5^{\circ}$. Man erkennt in Fig. 5, daß sich die Meßergebnisse von den Meßpunkten 10' bis 13' nun kaum noch von den entsprechenden wahren Fahrzeugpositionen 10 bis 13 entfernen. Ohne Adaption wäre das bei den Meßergebnissen 7', 8' und 9' in viel höherem Maße der Fall.

- In Fig. 11 wird noch eine zweite Adaption mit dem Fehlervektor K3 dargestellt. Sie führt nur noch zu einem Korrekturfaktor von +4,5 % für den Betrag des Streckenvektors. Dies ergibt sich daraus, daß K3 eine Vergrößerung des Betrages um 9 % erbrachte; die Hälfte davon wird als Korrekturfaktor genommen. Die Winkelmessung durch die Magnetsonde ist in diesem Beispiel bereits durch die erste Adaption von ihrem systematischen Fehler befreit worden. Man er-

kennt deutlich, daß die ausgegebenen Ergebnisse der Koppelnavigation nicht die Sprünge derjenigen der Hyperbelortung vollführen und sich doch der wahren Fahrstrecke s des zu ortenden Fahrzeuges gut annähern.

5

Zur Verfeinerung der Adaption kann es außerdem von Vorteil sein, anstelle eines einzigen Korrekturvektors mehrere hintereinander ermittelte Korrekturvektoren zu summieren und mit den entsprechenden Streckenvektoren in Beziehung zu setzen. Ein solcher Summen-Korrekturvektor könnte bereits mit einer Adaption eine gute Kompensierung der systematischen Fehler bewirken.

Anhand der Fig. 12 soll nunmehr noch das Verfahren der Korrekturauslösung beschrieben werden. Diesem Verfahren kommt eine große Bedeutung zu, weil es dafür verantwortlich ist, daß Korrekturen und Adaptionen nicht nur bei der Inbetriebnahme eines zu ortenden Fahrzeuges nach einer längeren Pause sinnvoll funktionieren. In Fig. 12 ist ein n-teiliger Ringzähler in Form einer Uhr dargestellt. Der Zeiger K dieser Uhr zeigt die jeweilige Stellung des Ringzählers R an. Bei jeder vertrauenswürdigen Hyperbelortung (d.h. mit einer genügenden Anzahl unverrauscht empfangener Signale) wird der Ringzähler, ausgehend von der Nullstellung, um eine Teilung im Uhrzeigersinn weitergeschaltet. Bei jeder unzuverlässig erscheinenden Hyperbelortung wird der Ringzähler um einen Schritt zurückgeschaltet. Er kann jedoch nur bis zur Stellung Null zurückgesetzt werden.

Auf dem Zeiger K denke man sich den Betrag K_S des jeweils aktuellen Korrekturvektors, d.h. der Summe der Fehlervektoren seit der letzten Korrektur, markiert. Eine Korrektur und damit verbunden auch eine Adaption wird ausgelöst, sobald die Marke K_S auf dem Zeiger K den Korrektorschwellwert S_K übersteigt, also den punktierten Bereich verläßt.

Im Falle einer Korrektur springt der Zeiger K sofort in die Nullstellung zurück.

- Anstelle des in Fig. 12 dargestellten Ringzählers, mit dem die vertrauenswürdigen Messungen gezählt werden und der bei jeder nicht vertrauenswürdigen Messung um einen Schritt zurückgestellt wird, kann natürlich auch eine andere Einrichtung, beispielsweise eine programmgesteuerte Rechenanlage verwendet werden. In einer solchen Anlage ist es auch möglich, die einzelnen Streckenvektoren nach Betrag und Richtung zu addieren, jeweils den aktuellen Korrekturvektor zu ermitteln und zu speichern und mit dem ebenfalls gespeicherten Korrekturschwellwert zu vergleichen.
- Wie bereits erwähnt, wird eine Korrektur erst ausgelöst, wenn die Marke K_S den punktierten Bereich in Fig. 12 verläßt, also den Schwellwert oder Korrekturgrenzwert übersteigt. Dabei ist im Bereich von Null bis n_1 Messungen überhaupt kein Schwellwert angesetzt, eine Korrektur ist also in diesem Bereich nicht vorgesehen. Erst von dem Schritt n_k an tritt der Schwellwert S_K in Erscheinung und er verringert sich von da an schrittweise. Diesem symbolisch dargestellten Verfahren liegt die folgende Überlegung zugrunde:
- Eine Korrektur sollte nur erfolgen, wenn sie sich auf eine im Sinne der Statistik ausreichende Zahl von Hyperbelortungsergebnissen gründet. Im Interesse einer möglichen zutreffenden Korrektur sollte diese Zahl groß sein. Andererseits sollte aber eine Korrektur auch möglichst frühzeitig nach einem Ereignis erfolgen, das die Koppelnavigation zu falschen Ergebnissen bringt. Im Interesse einer möglichst schnellen Korrektur sollte daher die Zahl der erforderlichen Hyperbelortungen möglichst klein sein. Bei dem in Fig. 12 symbolisch dargestellten Verfahren wird ein Kompromiß zwischen diesen beiden Bestrebungen gewählt.

Grundsätzlich wird für eine Korrektur eine Zahl an glaubhaften Hyperbelortungen gefordert, die größer ist als n_i . Jede unglaubliche Ortung stellt den Ringzähler um einen Schritt zurück. Eine Korrektur der Koppelnavigationen kann
5 also nur dann erfolgen, wenn in einer Folge von Hyperbelortungen die Zahl der glaubhaften Ergebnisse um n_i größer ist als die der unglaublichen. Mit dieser Vorschrift wird erreicht, daß Korrekturen in funktechnisch ungünstigen Gebieten und in Gebieten außerhalb des Antennenfeldes erschwert werden oder völlig unterbleiben.
10

Erst vom Ringzählerstand $n \geq n_K$ kann eine Korrektur ausgelöst werden. Allerdings liegt die Schwelle S_K , die der Korrekturvektor übersteigen muß, noch relativ hoch. Mit
15 der hohen Schwelle soll erschwert werden, daß eine Korrektur nach einer Folge von n_i zutreffenden Hyperbelortungen durch einen einzelnen Ausreißer ausgelöst wird. Solche singulären, unzutreffenden Messungen können als Folge lokal begrenzter ungünstiger Reflexionsverhältnisse vorkommen.
20

Mit jedem weiteren Ringzählerschritt in positiver Richtung wird die Korrekturschwelle S_K weiter reduziert. Liegen auch tatsächlich systematische Abweichungen der Ortungsergebnisse bei einem der beiden Verfahren vor, so verschiebt
25 sich auch die Marke KS infolge der Addition gleichsinnig gerichteter Fehlervektoren mit jedem weiteren Schritt nach außen. Aus diesen beiden Gründen wird die Korrekturauslösung nach jeder weiteren glaubwürdigen Hyperbelortung erleichtert. Hat die Korrekturschwelle S_K den Wert S_{Kmin} erreicht, das ist mit dem Zählerschritt n_L , so wird dieser Schwellwert beibehalten, um Überschwingungen der Regelung zu vermeiden. Beim letzten Schritt n_e des Ringzählers
30 wird die Korrekturschwelle S_K auf Null gesetzt. In dieser Stellung wird eine Korrektur erzwungen, auch wenn der Kor-

35

rekturvektor K_S sehr klein geblieben ist, um die Vektoradditionen in den Fahrzeuggeräten und dem zentralen Ortungsrechner neu beginnen zu können.

- 5 Steht ein zur Ortung aufgerufenes Fahrzeug, was mit Hilfe des Fahrimpulsgebers leicht feststellbar ist und im Antworttelegramm dem zentralen Ortungssender mitgeteilt wird, so bleibt die Ortung unberücksichtigt. In einem solchen Falle wird kein Fehlervektor addiert und der Ringzähler
- 10 verbleibt in seiner letzten Position.

14 Patentansprüche

12 Figuren

Patentansprüche

1. Verfahren zur automatischen Ortung von flächengebundenen Fahrzeugen, wobei jedes Fahrzeug laufend zu bestimmten Meßzeitpunkten von einer Zentrale zur Abgabe von Meßsignalen aufgefordert wird und wobei in der Zentrale durch Auswertung der Meßsignale die jeweils aktuelle Fahrzeugposition ermittelt wird, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t, daß in jedem Fahrzeug (FZ) zu jedem Meßzeitpunkt (1; 2, ... 17) der den seit dem letzten Meßzeitpunkt zurückgelegten Fahrtweg (s) nach Betrag und Richtung beschreibende Streckenvektor (v_1 , v_2 usw.) ermittelt und daß dieser jeweilige Streckenvektor oder ein aus mehreren aufeinanderfolgenden Streckenvektoren gebildeter Summenstreckenvektor zur Zentrale (Z) übertragen wird, wo durch Ankopplung der aufeinanderfolgenden Streckenvektoren bzw. der Summenstreckenvektoren an eine bekannte Startposition (1") ein jeweils aktueller erster Meßpunkt (2', 3' usw.) festgelegt wird, daß ferner zu jedem Meßzeitpunkt über ein an sich bekanntes Hyperbelortungsverfahren jeweils ein aktueller zweiter Meßpunkt (1", 2", 3") ermittelt wird, daß weiterhin aus den zu den selben Meßzeitpunkten ermittelten ersten und zweiten Fahrzeugmeßpunkten (2', 2") jeweils ein Fehlervektor (f_2 , f_3 usw.) nach Betrag und Richtung ermittelt wird, daß aus den aufaddierten Fehlervektoren bei Erreichen eines vorgegebenen Korrekturschwellwertes (S_K) ein Korrekturvektor (K_1 , K_2 , K_3) ermittelt und zu den Streckenvektoren addiert wird, wobei der hierdurch erreichte korrigierte Meßpunkt (6K, 9K, 13K) als Startposition für die weitere Ankopplung der Streckenvektoren dient.
2. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e k e n n - z e i c h n e t, daß als Startposition für die Ankopplung der Streckenvektoren eine durch die Hyperbelortung ermittelte Fahrzeugposition (1") verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t, daß der Betrag der Streckenvek-
toren in bekannter Weise mit einem die Radumdrehungen zäh-
lenden Impulsgeber ermittelt wird.

5

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Richtung
der einzelnen Streckenvektoren in bekannter Weise mit Hil-
fe einer den Winkel zwischen dem magnetischen Feld der Er-
de und der Fahrzeuglängsachse messenden Magnetsonde ermit-
telt wird.

10

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Rich-
tung der einzelnen Streckenvektoren mit einem Kreisel-
kompaß gemessen wird.

15

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Parame-
ter des jeweiligen Streckenvektors im Fahrzeug durch einen
Mikroprozessor berechnet werden.

20

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Para-
meter des jeweiligen Streckenvektors vom einzelnen Fahr-
zeug digital zur Zentrale übertragen werden.

25

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß der Korrek-
turschwellwert nach jeder durchgeführten Korrektur ver-
kleinert wird.

30

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß eine Korrek-
tur durch Addition eines Korrekturvektors erst vorgenom-

35

men wird, wenn eine vorgegebene Anzahl glaubwürdiger Hyperbelortungsmessungen ermittelt wurde.

10. Verfahren nach Anspruch 9, d a d u r c h g e -
5 k e n n z e i c h n e t, daß eine Zähleinrichtung durch
jede glaubwürdige Hyperbelortungsmessung um einen Schritt
vorgestellt und durch jede unglaubliche Hyperbelortungs-
messung um einen Schritt zurückgestellt wird, und daß eine
Korrektur erst dann durchgeführt wird, wenn der Korrektur-
10 schwellwert nach Erreichen eines vorgegebenen Zählerstan-
des überschritten wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t, daß der Korrekturschwellwert
15 nach Erreichen des vorgegebenen Zählerstandes mit jedem
weiteren Zählerschritt vermindert wird.

12. Verfahren nach Anspruch 1, d a d u r c h g e -
k e n n z e i c h n e t, daß der Korrekturschwellwert
20 mit Erreichen des letzten Zählerschrittes der Zähleinrich-
tung auf Null gesetzt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, d a -
d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß systemati-
25 sche Fehler der Vektormessung durch Bildung von Korrektur-
faktoren aus dem Vergleich der Korrekturvektoren mit den
zugehörigen Streckenvektoren eliminiert werden.

14. Verfahren nach Anspruch 13, d a d u r c h g e -
30 k e n n z e i c h n e t, daß die Korrekturfaktoren für
jedes einzelne Fahrzeug in der Zentrale gespeichert wer-
den.

FIG 1

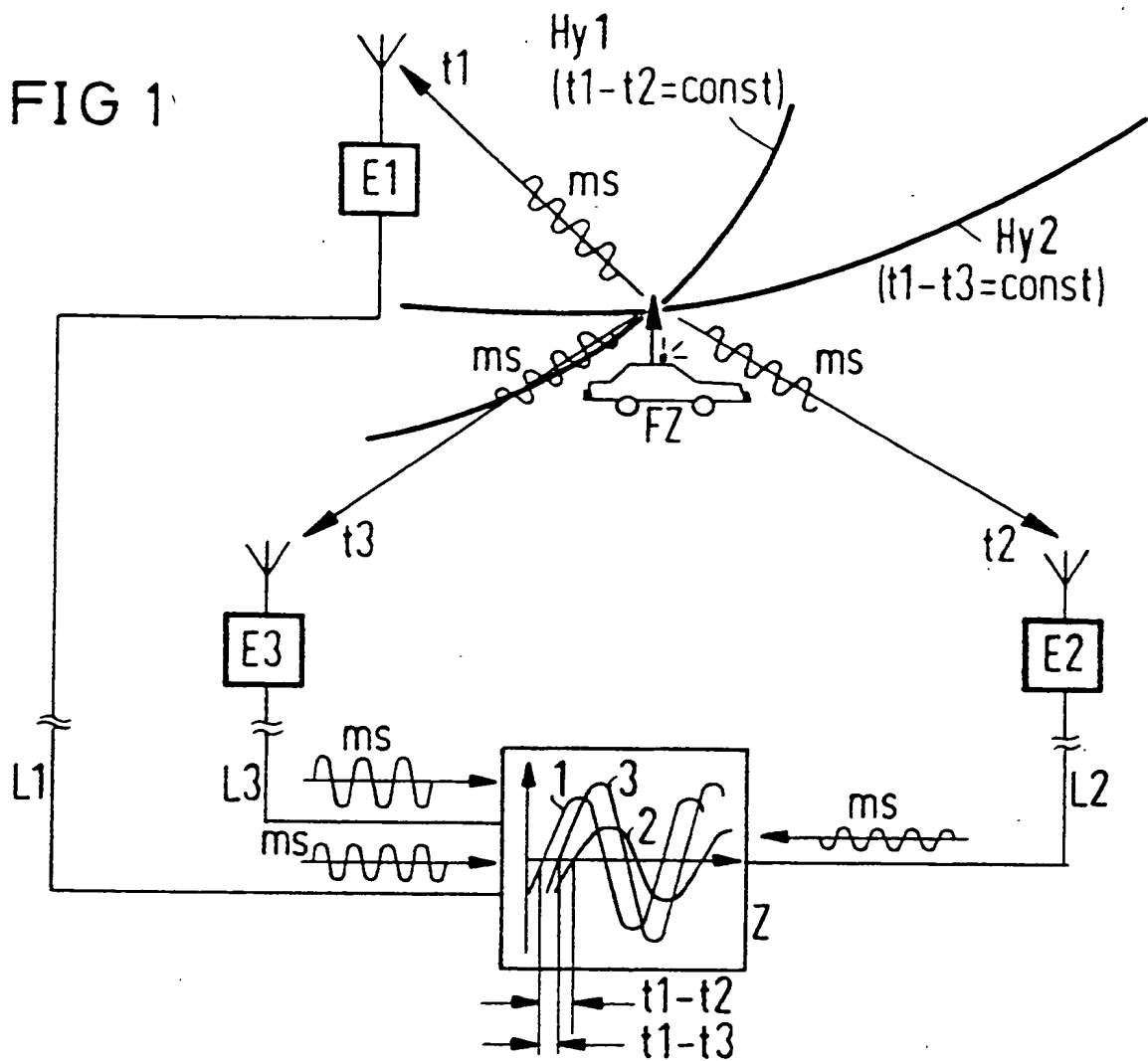


FIG 12

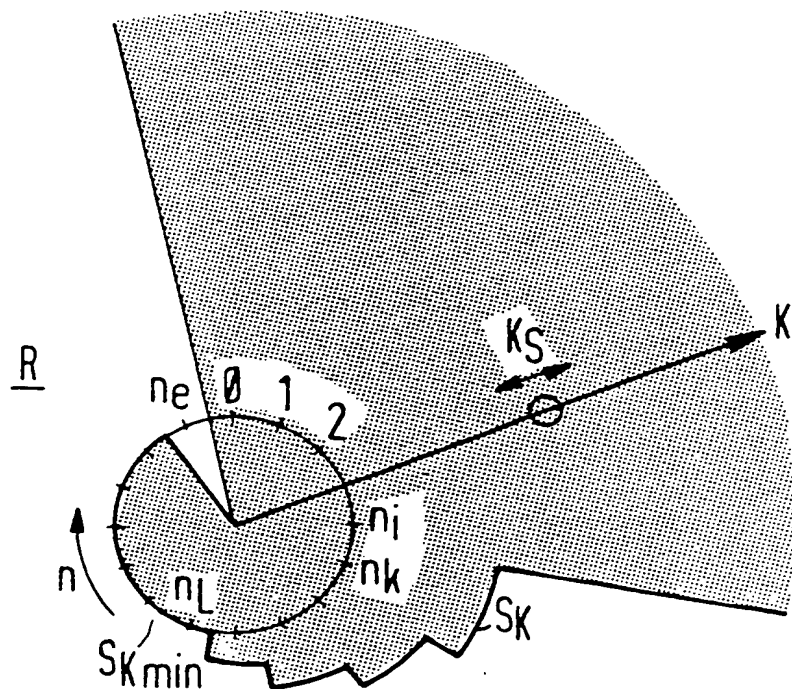




FIG 4

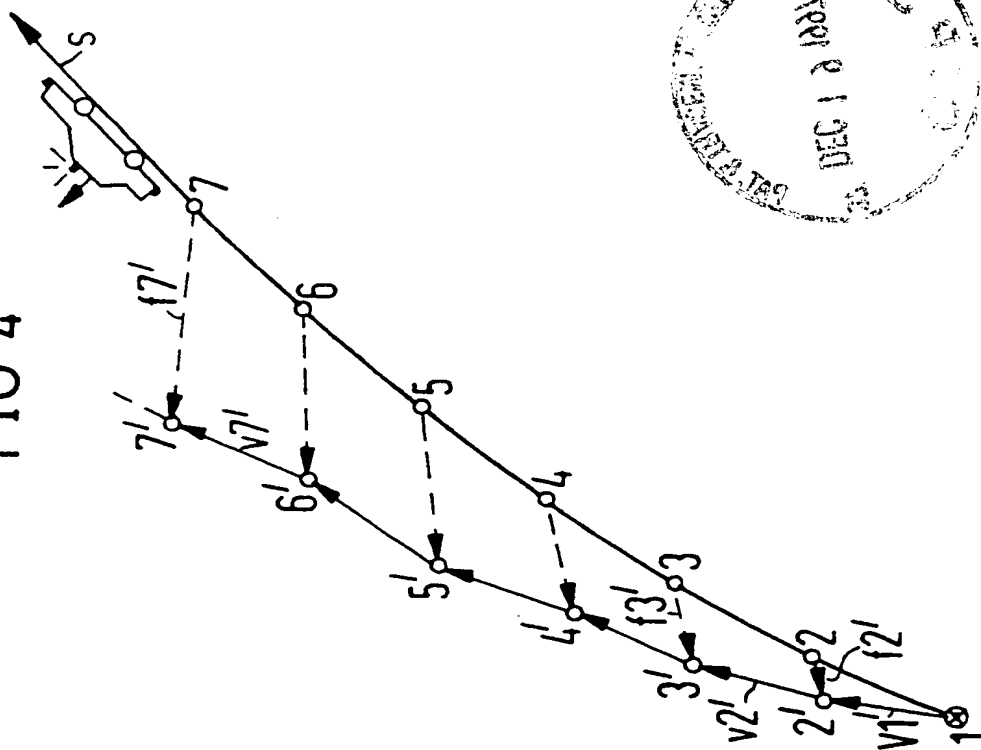


FIG 3

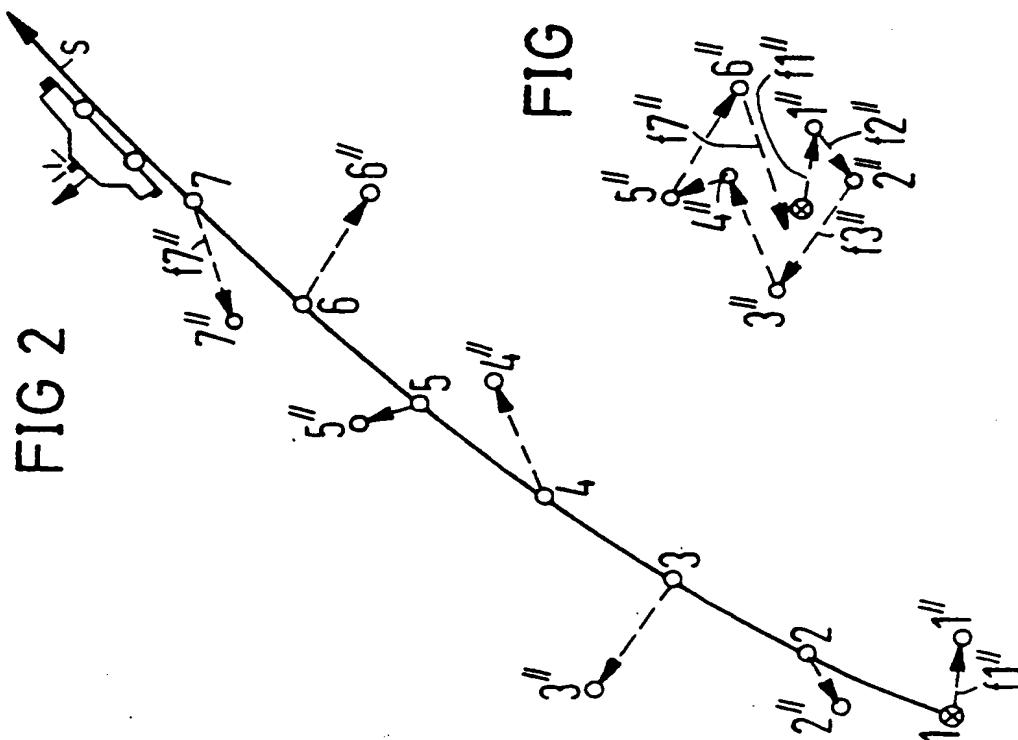
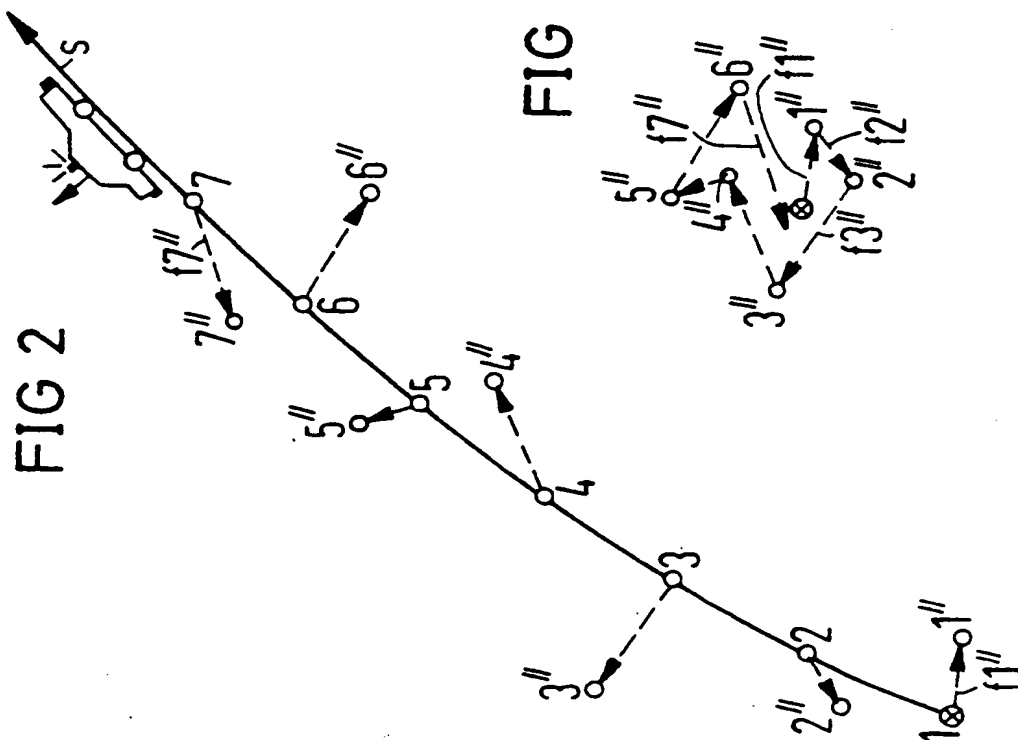


FIG 2



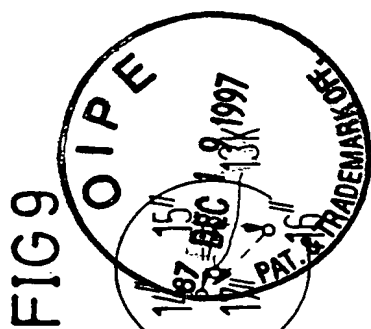


FIG 9

FIG 8

FIG 7

FIG 6

FIG 5

FIG 11

FIG 10

